Pesquisas em Geociências

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias>

Aspectos Pedogeomorfológicos e Mineralógicos de uma Topossequência de Solos Gnáissicos no Complexo Bação – Quadrilátero Ferrífero, MG, Brasil

Múcio do Amaral Figueiredo, Angélica Fortes Drummond Chicarino Varajão, José

Domingos Fabris, Ivan Soares Loutfi

Pesquisas em Geociências, 29 (1): 71-82, set./dez., 2002.

Versão online disponível em:

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/article/view/19599>

Publicado por

Instituto de Geociências

Portal de Periódicos **UFRGS**

UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL

Informações Adicionais

Email: pesquisas@ufrgs.br

Políticas: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/editorialPolicies#openAccessPolicy>

Submissão: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#onlineSubmissions>

Diretrizes: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#authorGuidelines>

Data de publicação - set./dez., 2002.

Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

Aspectos Pedogeomorfológicos e Mineralógicos de uma Topossequência de Solos Gnáissicos no Complexo Bação – Quadrilátero Ferrífero, MG, Brasil

MÚCIO DO AMARAL FIGUEIREDO¹; ANGÉLICA FORTES DRUMMOND CHICARINO VARAJO¹;
JOSÉ DOMINGOS FABRIS² & IVAN SOARES LOUTFI¹

¹ Departamento de Geologia, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Campus Morro do Cruzeiro, CEP 35400-000, Ouro Preto, MG, Brasil. mucfig@hotmail.com

² Departamento de Química, Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Minas Gerais, Campus Pampulha, CEP 31270-901, Belo Horizonte, MG, Brasil.

(Recebido em 07/02. Aceito para publicação em 09/02)

Abstract - The mineralogical association of the weathering rocks and their pedogenic process is fundamental in order to understand the erosive susceptibility of the soils. The regolith of the southern area of the Complexo Bação, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, was developed from gneiss and has as its predominant characteristic a thick saprolite (around 20 m) overlaid by a solum (A + B horizons) with of less than 3 m thick. This thickness is much thinner than those that frequently occur in the gneiss regolith from tropical and intertropical regions. In the toposequence investigated, the upper slope profile is a cambic soil with a poorly developed B horizon and with many relictal weathered gneiss nodules at the bottom, closer to the saprolite. The mineralogical composition of this B horizon is mainly kaolinite, gibbsite, quartz, hematite and goethite and secondarily pseudomorphous feldspars. The middle slope profile is a latosol with a well developed and thick B horizon. The mineralogical composition of this B horizon is essentially formed by kaolinite, gibbsite, quartz, hematite and goethite. The lower slope profile is a cambic latosol with the presence of relictal gneiss nodules in the B horizon analogously to the B horizon from the upper slope profile. Their mineralogical composition are also similar. The pedogeomorphological evolution of the studied catenary sequence shows that the middle slope profile is allochthonous with an accumulation of colluvial materials that formed a well developed latosol B horizon without primary minerals. The source of the colluvial materials is the upper slope profile. In the lower slope segment the lack of colluvial material suggests a process of incision, with channel and perennial flows that were originated from the adjacent gullies. The incipient fluvial plain that was formed occurs in abrupt altimetric unconformity (declivity rupture) with the lower slope segment.

Keywords - weathering, pedogeomorphology, slope processes

INTRODUÇÃO

A área sul do Complexo Bação, na bacia do Ribeirão Maracujá, apresenta-se como uma paisagem em avançado estágio de dissecação, em contato direto com o embasamento cristalino, representado por gnáisse de composição global granodiorítica (Gnáisse Funil) (Salaroli, 1999; Bacellar, 2000). No terço superior da bacia, dentro do Complexo Bação, situa-se a área de interesse específico deste trabalho, apresentando-se intensamente afetada por voçorocamentos – a forma de erosão mais visível dentre outras formas menos visíveis, mas não menos atuantes, tais como a erosão laminar, em sulcos ou por *piping*.

Nesta área, onde os voçorocamentos são intensos, o limite de maior incidência parece coincidir com uma zona de ruptura altimétrica nas calhas fluviais do Ribeirão Maracujá e do Córrego da

Holanda (que drenam a área de estudo), na altura do sítio urbano de Cachoeira do Campo. À jusante desta ruptura, a concentração de feições erosivas aceleradas diminui (Bacellar, 2000), coincidindo também com o início de uma planície fluvial mais larga em processo de retrabalhamento e curso fluvial com feições meandantes, repetindo esse padrão até sua confluência com o rio das Velhas. A ruptura altimétrica verificada no Ribeirão Maracujá e seus principais afluentes nesta área, os córregos da Holanda e da Prata (fora da área investigada, cuja microbacia é adjacente ao Córrego da Holanda) é da ordem de cerca de 90 m de altitude num percurso em linha reta de cerca de 2,4 km, diferenciando-se de outros segmentos com a mesma extensão. Outro fator que chama a atenção relaciona-se ao fato de que na área sob investigação, não há afloramentos gnáissicos em pontos mais elevados do relevo (interflúvios). Nas áreas onde ocorrem os aflora-

mentos, os processos de intemperismo químico e pedogenização são dificultados pela declividade acentuada, apresentando vertentes com maiores amplitudes altimétricas¹ e regolitos incipientes, tal como observado na bacia do Ribeirão Maracujá imediatamente à jusante da localidade de Cachoeira do Campo, fora da área de interesse específico deste trabalho. À montante desta área, observa-se o contrário, as vertentes sob domínio gnáissico desenvolvidas no terço superior da referida bacia hidrográfica têm menor amplitude altimétrica e espessos regolitos, principalmente nos segmentos de meia e baixa vertente.

Estudos anteriores e recentes realizados na região em questão (Parzanese, 1991; Valadão & Silveira, 1992; Sobreira, 1998; Bacellar, 2000; Fonseca, 2000; Silva, 2000; Santos, 2001) indicam um ambiente geomorfológico de alta complexidade evolutiva durante o Quaternário, onde características mineralógicas, estratigráficas, hidrológicas e paleogeomorfológicas de vertente são exploradas na tentativa de se explicar a evolução da paisagem quaternária.

É neste contexto de relacionamento entre evolução do manto de intemperismo e seus aspectos pedogeomorfológicos e mineralógicos exercendo importante influência nas características atuais na área sob investigação, que o presente trabalho é focado.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A área de estudo encontra-se inserida na borda sul do Complexo Bação, entre os paralelos 20°20'00" e 20°23'16" S e os meridianos 43°38'32" e 43°42'16" W, perfazendo aproximadamente 38,4 km² (Fig. 1). O Complexo Bação constitui uma estrutura dômica do complexo cristalino inserida no sul do Quadrilátero Ferrífero – QF (Fig. 1), conhecida província geológica brasileira, localizada em Minas Gerais, sudeste do Brasil. O QF pode ser subdividido nas seguintes unidades (Alkmin & Marshak, 1998):

- embasamento cristalino granítico-gnáissico e migmatítico, de idade arqueana (> 2.500 Ma);
- rochas metassedimentares e metavulcânicas do

FIGURA 1 - Esboço geológico e localização do Quadrilátero Ferrífero, tendo como destaque o Complexo Bação ao sul e a delimitação da área de trabalho (modificado de Santos, 2001).

¹ Pode-se considerar como amplitude altimétrica a razão entre o valor da cota no interflúvio e no talvegue, os dois extremos de uma vertente, e o comprimento da mesma. Ou seja, quanto maior o comprimento da vertente e a razão entre as respectivas cotas altimétricas, maior será a amplitude.

Supergrupo rio das Velhas, de idade arqueana (> 2.500 Ma)

- rochas metassedimentares, do Proterozóico (Supergrupo Minas e Grupo Itacolomi);
- rochas sedimentares e sedimentos do Cenozóico (< 66 Ma).

O embasamento cristalino granito-gnáissico-migmatítico, constitui a base de todas as unidades geológicas do Quadrilátero Ferrífero. Na área de investigação do presente trabalho, sul do Complexo Bação, bacia do ribeirão Maracujá, o substrato rochoso sobre o qual o regolito se desenvolve é caracterizado como gnáisse Funil. Esta unidade litológica tem como característica básica um maior bandamento, maior migmatização e maior riqueza em biotita (Salaroli, 1999; Vilela, 1999; Bacellar, 2000). Sua composição global é granodiorítica, com bandas variando de composição tonalítica (bandas escuras) a de granitóides ricos em quartzo (bandas claras) (Bacellar, 2000: 55). Os minerais predominantes são o quartzo e o feldspato cálcico (plagioclásio), que se alternam em faixas de enriquecimento, ora maior em quartzo, ora maior em plagioclásio. As faixas de gnáisse Funil enriquecidas em quartzo – 55% em volume, segundo Salaroli (1999) – são muitas vezes resistentes ao encaixamento da drenagem e dissecação do relevo, segurando-o em níveis de base locais (Bacellar, 2000).

O solos da área em questão são considerados como latossolos vermelho-amarelos distróficos (CETEC-MG, 1983), latossolos vermelho-escuros e cambissolos álicos (RADAMBRASIL, 1983). Estas características estão relacionadas à cor avermelhada característica dos solos intertropicais, além do domínio de minerais secundários e oxi-hidróxidos (Parzanese, 1991; Rezende & Resende, 1996; Bacellar, 2000), indicando perfis em pedoambiente de intensa lixiviação. Nos locais de relevo mais suave predominam os latossolos; nos interflúvios ocorrem muitos cambissolos com forte influência da rocha parental gnáissica (Parzanese, 1991).

A correlação geomorfológica entre solos transportados (alóctones) e solos desenvolvidos *in situ* (autóctones), é de fundamental importância para a interpretação dos estágios de evolução dos perfis de intemperismo, visto que com os ciclos de erosão e sedimentação verificados na região durante o Quaternário (Valadão & Silveira, 1992), os solos produzidos nas zonas de interflúvio são transportados (gravitacionalmente ou através de erosão hídrica) e depositados em vários pontos da vertente, originando os colúvios, e os alúvios nas planícies

fluviais. Nos solos pedologicamente evoluídos da região, Bacellar (2000) relata ter sido impossível determinar com segurança a gênese dos mesmos, se eluvial ou coluvial. Entretanto, o autor supra citado não se valeu da utilização de estudos micromorfológicos que poderiam provavelmente elucidar tal indagação. Aspectos micromorfológicos como a organização do fundo matricial, características texturais dos grãos esqueletais e as feições pedológicas (Brewer, 1976; Eswaran & Stoops, 1979; Bullock et al., 1985; Castro, 1999) podem determinar a natureza do geomaterial investigado, inclusive quanto à sua susceptibilidade à erosão (Castro, 1999).

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas amostras do regolito coletadas em três perfis, alta (AV), meia (MV) e baixa vertente (BV) de uma topossequência. Trincheiras com 100 cm de largura, 200 cm de comprimento e 190 cm de profundidade, em média, foram escavadas, procedendo-se à seguir a determinação dos horizontes pedológicos baseando-se nas características texturais (cor, consistência, etc.), conforme a Munsell Color Charts (1975) e Lemos & Santos (1996). A amostragem em apenas três perfis pedológicos se deve ao fato de que na vertente em questão ocorre uma voçoroca em avançado estágio de desenvolvimento, em cujos taludes laterais foi possível estabelecer visualmente a ocorrência de poucas variações no manto de alteração até o segmento de meia vertente superior (ponto atingido pelas cabeceiras da voçoroca). Isso evidenciou, portanto, a não necessidade de abertura de trincheiras intermediárias. Além disso, as características superficiais ao longo da vertente se mostraram uniformes (pedregosidade, cobertura vegetal, erosão superficial, etc.).

As amostras coletadas foram secas ao ar, desterroadas e passadas em peneiras de 20 cm de diâmetro e malha de 2 mm (EMBRAPA-CNPS, 1997). A terra fina resultante foi utilizada para análise química e mineralógica. A análise química realizada refere-se à extração de ferro e alumínio, através de análise de rotina utilizando-se DCB (dicionito-citrato-bicarbonato de sódio), adaptada de Mehra & Jackson (1960) e quantificação por espectrofotometria de absorção atômica. Na análise mineralógica utilizou-se a Difração de Raios X (DRX) em amostras de pó total, realizadas em um difratômetro Rigaku, com tubo de cobre (aCu), no intervalo de 2° a 70° 2 θ . As amostras utilizadas para

as análises foram selecionadas dos horizontes Ap, B e C.

As correlações pedogeomorfológicas referem-se à descrições macroscópicas dos três perfis de alteração estudados. Foram anotadas as profundidades dos horizontes, sua espessura, cor, aspectos relativos a evidências do atual estágio de intemperismo (litorrelíctos, bioturbação, *stone lines*, etc.) e sinais de transporte gravitacional (organização vertical e horizontal dos pedomateriais), além das características de superfície (vegetação, pedregosidade, ocorrência de erosão, etc.).

APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Aspectos pedogeomorfológicos

O perfil AV (alta vertente) (Fig. 2), caracteriza-se como um Cambissolo (RADAMBRASIL, 1983). No sentido topo base apresenta um horizonte Ap com forte influência de materiais orgânicos de origem vegetal, com espessura entre 0 - 40 cm, com cor úmida 10YR 2/2 (bruno muito escuro). Sob Ap ocorre um horizonte de transição AB, com espessura 40 - 62 cm e cor úmida 7,5YR 5/8 (bruno forte). Ainda há influência dos materiais orgânicos superficiais e maior adensamento de raízes com diâmetro de até 2 cm. Segue-se um horizonte de transição BA, com espessura entre 62 - 80/84 cm, cor úmida 5YR 5/8 (vermelho amarelado), com resquícios de nódulos litorreliquiaes da rocha parental, mas ainda com influência de atividade orgânica como a presença de raízes e materiais iluviais superficiais nas fissuras geradas por bioturbação. Na sequência, um horizonte B cambissólico, com espessura entre 80/84 - 150 cm, cor úmida 2,5YR 5/8 (vermelho), com forte ocorrência de nódulos litorreliquiaes da rocha parental subjacente e raízes na parte superior. Na base do perfil, a uma profundidade entre 150 - 200 cm+ ocorre um horizonte C (saprolito) com espessura, cor úmida 2,5YR 4/8 (vermelho), com ocorrência de blocos gnáissicos de tamanhos e formas variadas e com diferentes graus de alteração associados a níveis horizontalizados (espessura de 50 cm) de quartzo de veio, intensamente fraturados e ferruginizados. Esta ocorrência está relacionada a veios de quartzo intrudidos no corpo do gnáisse que resistiram ao intemperismo, e sua disposição horizontal não determina uma *stone-line* como caracterização de depósitos coluviais. A superfície circunjacente à

trincheira é classificada como não pedregosa, constituída de vegetação gramínea forrageira cultivada. O escoamento superficial é difuso (erosão laminar), em solo permeável.

O perfil MV (meia vertente) (Fig. 2), é caracterizado como Latossolo vermelho-escuro (RADAMBRASIL, 1983) de natureza coluvial (alóctone). Neste segmento, há uma leve agradação do relevo, com diminuição da declividade, proporcionando acúmulo de material transportado. Há intensa bioturbação pela ação de formigas e cupins. A zona superficial (horizontes Ap) detém uma significativa espessura (0 - 52 cm), cuja gênese deve estar relacionada à intensa atividade biológica ali verificada, que se estende até o segundo terço do perfil. O horizonte de transição AB, com espessura de 52 a 81 cm, cor úmida 5YR 4/6 (vermelho amarelado), mantém a tendência de bioturbação dos horizontes superficiais, porém com menor intensidade. Prolongando-se, um horizonte BA com espessura de 81 a 121 cm cor úmida 5YR 5/8 (vermelho amarelado). O horizonte B, a uma profundidade entre 121 e 170+ cm, apresenta cor úmida 2,5YR 4/8 (vermelho), é bastante uniforme. A superfície circunjacente é classificada como não pedregosa, constituída de vegetação gramínea e arbustiva natural. O escoamento superficial é difuso (erosão laminar) em alguns locais e concentrado (sulcos) em outros. O solo é permeável.

O perfil BV (baixa vertente) (Fig. 2) mostra um horizonte B latossólico câmbico (Latossolo vermelho-amarelo na classificação do CETEC-MG, 1983) com pequenas estruturas reliquiaes da rocha matriz, em avançado estágio de degradação, disseminadas pelo perfil. Estas estruturas reliquiaes se intensificam e tornam-se maiores em direção à base, sugerindo uma evolução autóctone do perfil. A camada superficial, horizonte Ap, tem espessura entre 0 e 29 cm de profundidade, com cor úmida 10YR 3/4 (bruno amarelado escuro). A passagem entre o horizonte Ap e B é gradacional e é representada pelo horizonte AB (Fig. 2), com espessura entre 29 e 61 cm e cor úmida 5YR 5/8 (vermelho amarelado). O horizonte B tem espessura entre 61 e 190+ cm, cor úmida 2,5YR 4/8 (vermelho) e presença marcante de pequenas estruturas litorreliquiaes que se intensificam em direção à base do perfil. A profundidade do solum (horizontes A + B) é de aproximadamente 3 m (estimado através da observação de talude de voçoroca adjacente à trincheira). Aparentemente, o perfil não apresenta descontinuidades

indicativas de comportamento coluvionar. Entretanto, a extensiva presença de estruturas litorrelíquias e sua ausência no segmento de meia vertente, sugere tratar-se de material eluvionar (autóctone). Na zona de baixa vertente, o contato com a pequena planície fluvial em formação se dá em ruptura de declive (declividade abrupta). Esta morfologia parece estar relacionada à abertura e canalização do fluxo hídrico provindo das voçorocas, causando um desequilíbrio na continuidade da linha de declividade do segmento de baixa vertente até a zona de planície fluvial (Fig. 2).

Mineralogia

As amostras submetidas à difração de raios X revelaram uma mineralogia análoga a outras de clima tropical úmido e sub-úmido, com predominância de minerais secundários aluminossilicatos e oxi-hidróxidos. Em todos os perfis estudados, observa-se o predomínio de quartzo, caulinita e gibbsita. Os oxi-hidróxidos de ferro goethita e hematita se fazem presentes, porém em baixas concentrações (Figs. 3, 4 e 5).

O perfil AV (Fig. 3) é constituído predominantemente por quartzo, caulinita, gibbsita e peque-

na quantidade de hematita e feldspato. O horizonte Ap é formado predominantemente por quartzo, gibbsita e caulinita. Os horizontes B e C, apesar de apresentarem uma associação mineralógica semelhante, com predominância de quartzo, caulinita e gibbsita, adicionalmente incluem a presença de hematita e de feldspato.

O perfil MV (Fig. 4) é constituído essencialmente pelos minerais quartzo, gibbsita, caulinita e goethita, mais feldspato em baixa concentração, causando surpresa, pois o perfil é bem desenvolvido (Bw) com o horizonte B mais espesso e desenvolvido entre os três perfis analisados.

O perfil BV (Fig. 5) apresenta uma associação mineralógica análoga à do perfil de alta vertente (AV), com predominância de quartzo, caulinita e gibbsita no horizonte Ap, e em menores proporções, feldspato. Nos horizontes inferiores, além dos minerais supra citados aparece a muscovita. Tais características apesar de indicarem intenso processo de lixiviação e intemperismo sugerem uma evidente filiação com a rocha parental subjacente.

As análises químicas com DCB (extração de ferro e alumínio) (Fig. 6) indicaram baixas concen-

FIGURA 2 - Perfil esquemático mostrando a vertente investigada com representação dos perfis analisados. Notar a ruptura de declive no contato entre segmento de baixa vertente e a planície fluvial incipiente.

FIGURA 3 - Difratoogramas de raios X do perfil de alta vertente (AV). Horizontes Ap, B e C. Qz – quartzo, Ka – caulinita, Gb – gibbsita, Hm – hematita, Fd – feldspatos

FIGURA 4 - Difratogramas de raios X do perfil de meia vertente (MV). Horizontes Ap e B. Qz – quartzo, Ka – caulinita, Gb – gibbsita, Hm – hematita, Go – goethita, Fd - Feldspatos

trações de ferro, onde todas as amostras analisadas mostraram concentrações abaixo de 5% mesmo após quatro extrações, corroborando com as análises de difração de raios X, que apresentaram baixas concentrações de oxi-hidróxidos de ferro (picos de baixa intensidade).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A vertente analisada apresenta características pedogeomorfológicas distintas para cada segmento, diferentemente das características mineralógicas, que se apresentaram com variações menos evidentes.

- O segmento de alta vertente apresenta-se como fornecedor de material produzido pelo aprofundamento do intemperismo, de acordo com modelo

Tabela 1 - Porcentagens de ferro (Fe_d) e alumínio (Al_d) extraídos por DCB (ditionito-citrato-bicarbonato de sódio) e quantificados por absorção atômica, com suas respectivas profundidades. AV - alta vertente, MV - meia vertente, BV - baixa vertente.

Amostra	Profundidade (cm)	Fe_d (%)	Al_d (%)
AV - BA	40 - 84	2,69	0,59
AV - B	84 - 150	2,70	0,54
AV - C	150 - 200+	2,20	0,33
MV - BA	52 - 121	4,24	0,93
MV - B	121 - 170+	2,18	0,59
BV - B	61- 190	2,32	0,49
BV - C	600+	0,41	0,09

geomorfológico de consenso. Entretanto, a intensidade de saída do material de alteração superficial não permitiu uma maior evolução do perfil de

FIGURA 5 - Difractogramas de raios X do perfil de baixa vertente (BV). Horizontes Ap, B e C. Qz – quartzo, Ka – caulinita, Gb – gibbsita, Hm – hematita, Go – goethita, Mv – muscovita, Fd – feldspatos

alteração deste segmento, como evidencia a classificação de Cambissolo dada ao mesmo;

- Ao mesmo tempo, a presença de feldspato (mineral primário) conjuntamente com os oxihidróxidos indica uma fase atual de avanço do intemperismo neste segmento, sugerindo uma atenuação da intensidade erosiva, evidenciada pela presença de voçorocas em estágio de estabilização, iniciado no início do Holoceno.
- O segmento de meia vertente apresenta-se como uma zona de acumulação coluvial, com horizonte B latossólico espesso e homogêneo em relação aos perfis de alteração dos outros segmentos da vertente. Não há ocorrência de feições litorrelíquias. Entretanto, há ocorrência de minerais primários (feldspato), mesmo que em baixa concentração. Isso sugere que o tempo de residência do material coluvial que constitui aquele pedoambiente (meia vertente) não deve ser anterior ao Holoceno.
- O perfil de baixa vertente apresenta-se como um perfil em transição Latossolo - Cambissolo, onde novamente se observa filiação com a rocha parental *in situ*, numa nítida sequência de intemperismo da base para o topo. A classificação pedológica refere-se a um perfil evoluído, mas ainda preservando estruturas litorrelíquias gnáissicas. Devido à sua posição na vertente e suas características autóctones, este perfil indica uma área onde o material coluvial acumulado preteritamente foi retirado por erosão e/ou por movimentos de massa. Esse processo parece estar relacionado com a incisão dos vales escavados pelos fluxos hídricos provindos das voçorocas adjacentes em intensa atividade erosiva (maior do que a atualidade). Isso provavelmente ocorreu no Pleistoceno tardio/Holoceno, dadas as condições morfológicas e de estabilização erosiva das mesmas, sem maiores retrabalhamentos dos taludes laterais. Com a retirada do material coluvial, cujo testemunho geomórfico sugere-se ser o contato em ruptura de declive entre o segmento de baixa vertente e a incipiente planície fluvial formada pela coalescência dos canais de drenagem das voçorocas, este perfil de alteração voltou a ter características autóctones (elúvio).

Desta maneira, é demonstrado que a paisagem da região em questão vem passando por uma complexa evolução ao longo do Quaternário. As vertentes e rede de drenagem parecem encontrar-se atualmente em fase de reequilíbrio dinâmico.

Agradecimentos - O projeto que envolve este trabalho tem suporte financeiro da FAPEMIG e CAPES.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alkmin, F. F. & Marshak, S. 1998. Transamazonian orogeny in the southern São Francisco Craton region. Minas Gerais, Brazil: evidence for paleoproterozoic collision and collapse in the Quadrilátero Ferrífero. **Precambrian Research**, 90 (1-2): 29-58.
- Bacellar, L. de A. P. 2000. **Condicionantes geológicas, geomorfológicas e geotécnicas dos mecanismos de voçorocamento na bacia do Rio Maracujá, Ouro Preto, MG**. Rio de Janeiro. 226 p. Tese de Doutorado em Engenharia Civil, Coordenação dos Programas de Pós-graduação de Engenharia - COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Brewer, R. 1976. **Fabric and mineral analysis of soils**. New York. R. E. Krieger. 482 p.
- Bullock, P.; Fedoroff, J. R.; Jongerius, A.; Stoops, G. & Gursina, T. 1985. **Handbook for soil thin section description**. Wolverhampton, Wayne Research. 157 p.
- Castro, S. S. de. 1999. Micromorfologia de solos aplicada ao diagnóstico de erosão. In: Guerra, A. J. T.; Silva, A. S. da & Botelho, R. G. M. (ed.). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil. pp. 127-163.
- CETEC-MG – Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. 1983. **Diagnóstico ambiental do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte. CETEC. 158 p.
- EMBRAPA-CNPS - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 1997. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro. 2ª ed. EMBRAPA-CNPS. 212 p.
- Eswaran H. & Stoops, G. 1979. Surface textures of quartz in tropical soils. **Soil Science Society of America Journal**, 43: 420 – 424.
- Fonseca, A. P. 2000. **Compressibilidade e resistência ao cisalhamento dos solos de uma voçoroca em Ouro Preto – MG**. Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Coordenação dos Programas de Pós-graduação de Engenharia - COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Lemos, R. C. de & Santos, R. D. dos. 1996. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. Campinas. 3ª ed.. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 84 p.
- Mehra, O. P. & Jackson, M. L. 1960. Iron Oxide Removal from Soil and Clay by Dithionite-citrate Buffered with Sodium Bicarbonate. *Clays and Clay Minerals*. Monograph No. 5. Earth Science Series, of the Seventh National Conference on Clays and Clay Minerals (1958). **Proceedings...** p 317-327.
- Munsell Color. 1975. **Munsell® Soil Color Charts**. Baltimore. Macbeth Division of Kollmorgen Corporation.
- Parzanese, G. A. C. 1991. **Gênese e desenvolvimento de voçorocas em solos originados de rochas granitóides na região de Cachoeira do Campo, Minas Gerais**. Viçosa. 117 p. Dissertação de Mestrado em Agronomia, Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Viçosa.
- RADAMBRASIL. 1983. **Levantamento de recursos naturais. Fols SF 23/24 – Rio de Janeiro/Vitória**. Rio de Janeiro. IBGE. v. 32. 767 p.
- Rezende, S. B. & Resende, M. 1996. Solos dos mares de morros: ocupação e uso. In: Alvarez V., V. H.; Fontes, L. E. F. & Fontes, M. P. F. (ed.). **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentável**. Viçosa. Ed. UFV. pp. 262-288.
- Salaroli, I. S. 1999. **Mapeamento litoestrutural da região de Santo Antônio do Leite, Ouro Preto**. Ouro Preto. Relatório do Trabalho Geológico de Graduação em Geociências, Departamento de Geologia, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto (não publicado).
- Santos, C. A. dos. 2001. **Comportamento hidrológico superficial, subsuperficial e a erodibilidade dos solos da região de Santo Antônio do Leite, Distrito de Ouro Preto – Minas Gerais**. Ouro Preto. 107 p. Dissertação de Mestrado em Geociências, Departamento de Geologia, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto.

- Silva, T. R. M. 2000. **Caracterização e erodibilidade dos solos de uma voçoroca na região de Ouro Preto, Minas Gerais**. Rio de Janeiro. 106 p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Coordenação dos Programas de Pós-graduação de Engenharia - COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Sobreira, F. G. 1998. **Estudo das erosões de Cachoeira do Campo, Ouro Preto, M. G.** Ouro Preto. 130 p. Relatório de projeto de pesquisa Fapemig, Departamento de Geologia, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto (não publicado).
- Valadão, R. C. & Silveira, J. S. 1992. Estratigrafia quaternária e evolução do relevo no Complexo Bação: dados preliminares. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 6, 1992, Ouro Preto. **Revista da Escola de Minas – REM**, 45(01/02): 85-87.
- Vilela, R. A. 1999. **Geologia de um segmento do Complexo Metamórfico Bação: área entre Glaúra e Cachoeira do Campo, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais**. Ouro Preto. Relatório do Trabalho Geológico de Graduação em Geociências, Departamento de Geologia, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto (não publicado).